

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-
CEMENT-FABRIKANTEN UND DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS

VIII. JAHRGANG 1911.

№. 12.

Die Anwendung des Eisenbetons im Eisenbahnbau.

Vortrag gehalten auf der XIV. Hauptversammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ in Berlin
von K. W. Schaechterle, Regierungsbaumeister bei der Kgl. Generaldirektion der Württ. Staatseisenbahnen. (Fortsetzung.)

Einleitend wurde hervorgehoben, daß die neuen Aufgaben der Eisenbahn-Verwaltungen die Anwendung der Eisenbetonbauweise begünstigen. Diese Aufgaben stehen im Zusammenhang mit der Steigerung und Beschleunigung des Verkehrs und dem Streben nach Erhöhung der Betriebssicherheit bei gleichzeitiger Vereinfachung des Bahnunterhaltungsdienstes; d. h. mit Maßnahmen, die schließlich eine Hebung des wirtschaftlichen Erfolges der Bahnbetriebe herbeiführen sollen. Was uns hier in erster Linie interessiert, ist die Beseitigung schie-nengleicher Kreuzungen anlässlich des Baues der 2. Gleise oder von 4gleisigen Strecken, der Bahnhof-Erweiterungs- und Umbauten. Es handelt sich hierbei um die Beseitigung von schienengleichen Kreuzungen zwischen wichtigen Betriebsgleisen beim Uebergang vom Richtungs-zum Linienbetrieb, bei Einmündungen und Kreuzungen in der Nähe verkehrsreicher Bahnhöfe, endlich um Bahn-steig-Unterführungen, Gepäck- und Expresstunnel und ähn-liche Anlagen.

Für alle diese Zwecke braucht man nur ausnahms-weise Bauwerke von gewaltigen Abmessungen, kühnen Spannweiten oder besonderen Eigenarten. Meist sind die zur Ueber- oder Unterführung von Wegen, Straßen

und Bahngleisen notwendigen Räume klein und gehen selten über 20 m hinaus. Die normalen Lichtweiten sind für ein Gleis 5 m, 2 Gleise 9 m, für Fußwege 2 m, Zugänge zu Bahnsteigen 3—6 m, Feldwege 3,5—4 m, Nachbarschafts-wege 5,5 m, Straßen 6—12 m und darüber. Für diese kleinen Spannweiten ist die Eisenbeton-Bauweise wie keine an-dere geeignet und dem Eisen bei technisch gleichwertiger Ausführung wirtschaftlich überlegen. (Bei kleinen Weiten kann die hohe Festigkeit des Eisens aus konstruktiven Gründen nicht ausgenutzt werden, auch wirkt die beweg-liche Lagerung bei kleinen Bahnbrücken ungünstig auf die Eisenkonstruktion und die Widerlager). Stein- oder Stampfbeton-Konstruktionen können in Wettbewerb treten, wo genügende Konstruktionshöhe zur Ausführung von Wölbbrücken vorhanden ist.

Bei Bahnbrücken hat die Eisenbeton-Bauweise neben den allgemeinen Vorzügen des Massivbaues hinsichtlich der Masse, Steifigkeit, Unempfindlichkeit, Dauerhaftig-keit, der billigen Unterhaltung, der Schalldämpfung des ohne Mehraufwand durchführbaren Schotterbettes, die weiteren Vorteile der geringen Konstruktionshöhe, der Balkenwirkung für kleine Weiten, der einfachen Formge-bung und des ästhetisch befriedigenden Aussehens. Die Ausbildung schiefer oder sonst verwickelter Bauwerke

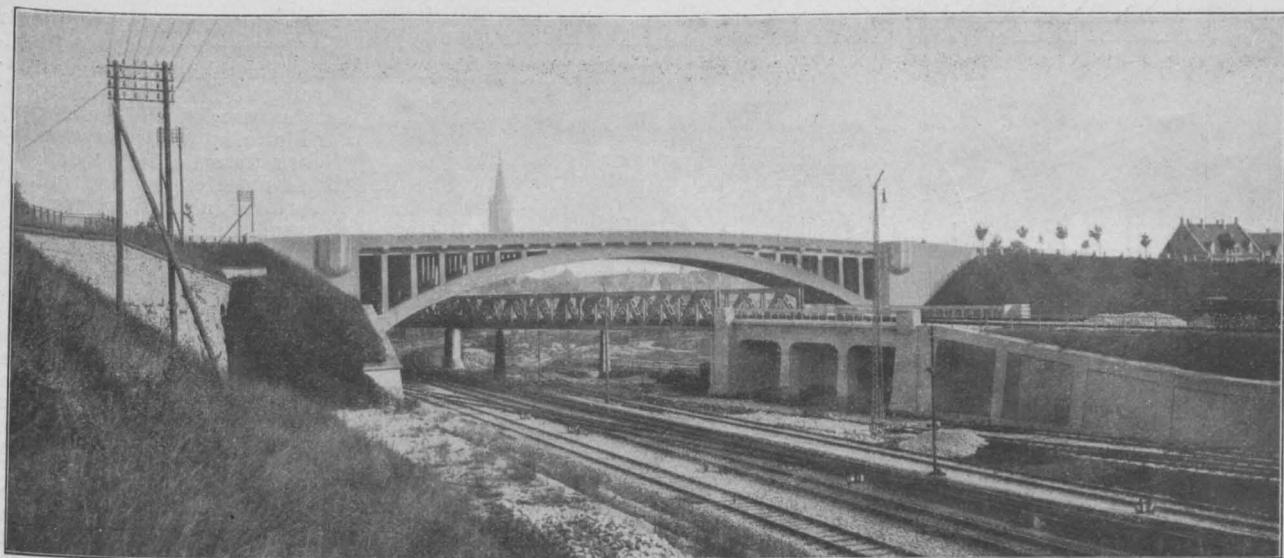


Abb. 5. Kreuzung des Wallgrabens im Ulmer Bahnhof mit Eisenbetonbrücke. (Oben die Wallstraßenbrücke, vergl. 1907 No. 1.)

Technical drawing of a drainage structure (Abflussbauwerk) showing a cross-section and plan view.

Cross-section details:

- Top layer: Asphalttrappe (Asphalt ramp) with a 2% slope.
- Structure height: 0.7m.
- Internal width: 0.6m.
- Base layers: 2cm Asphalt, 12cm Vorlage (formwork), and 10cm Beton (concrete).
- Foundation: 1.0m wide concrete base.

Plan view details:

- Overall width: 1.8m.
- Overall depth: 1.6m.
- Internal width: 1.0m.
- Internal depth: 0.6m.
- Foundation: 1.0m wide concrete base.

Scale: 0 to 1 meter.

The drawing consists of three main parts:

- Longitudinal Section (Top):** Shows the bridge deck with reinforcement bars. Dimensions include a total length of 12.25m, a central span of 6m, and a support width of 6.5m. Reinforcement bars are labeled with numbers like 16/28, 16/32, 16/20, 16/34, and 16/30. A note indicates "Gerande statt Flach. Parabel von Biegeln aufgenommen" (Rounded instead of flat. Parabola taken from bending).
- Cross-section (Querschnitt, Middle):** Shows the T-shaped cross-section of the bridge deck. Dimensions include a top width of 1.64m, a web width of 0.25m, and a total height of 0.7m. Reinforcement bars are labeled with numbers like 16/32, 16/28, 16/34, and 56/32. A note indicates "Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die mit A bezeichneten Träger unter den Bahnsteigen." (The numbers in parentheses refer to the beams designated with A under the platforms).
- Load and Moment Diagrams (Bottom):**
 - Querkraft (Shear Force):** A line graph showing the variation of shear force along the length of the bridge. It starts at 0, drops to -55kN, then rises to 16kN. The diagram is labeled "Querkraft. 1mm=15mt".
 - Momentenlinie (Bending Moment):** A line graph showing the variation of bending moment along the length of the bridge. It starts at 0, rises to a peak of 56/32, then drops to a minimum of 56/32+16/34, and continues to rise. The diagram is labeled "Momentenlinie. 1mm=15mt".

Abbildung
1 c—d.
Quer- und
Längs-
schnitt
durch die
Platten
(links un-
ter Gleis,
rechts un-
ter Bahn-
steig).

Technical drawing of a bridge structure showing cross-sections a-b and c-d. The drawing includes dimensions for width, height, and reinforcement. Section a-b shows a width of 0.7m and a height of 0.3m. Section c-d shows a width of 0.7m and a height of 0.3m. Reinforcement details include 3φ17 auf 1m, 3φ12 auf 1m, and 12φ12 auf 1m. A scale bar indicates 0, 0.5, 1m.

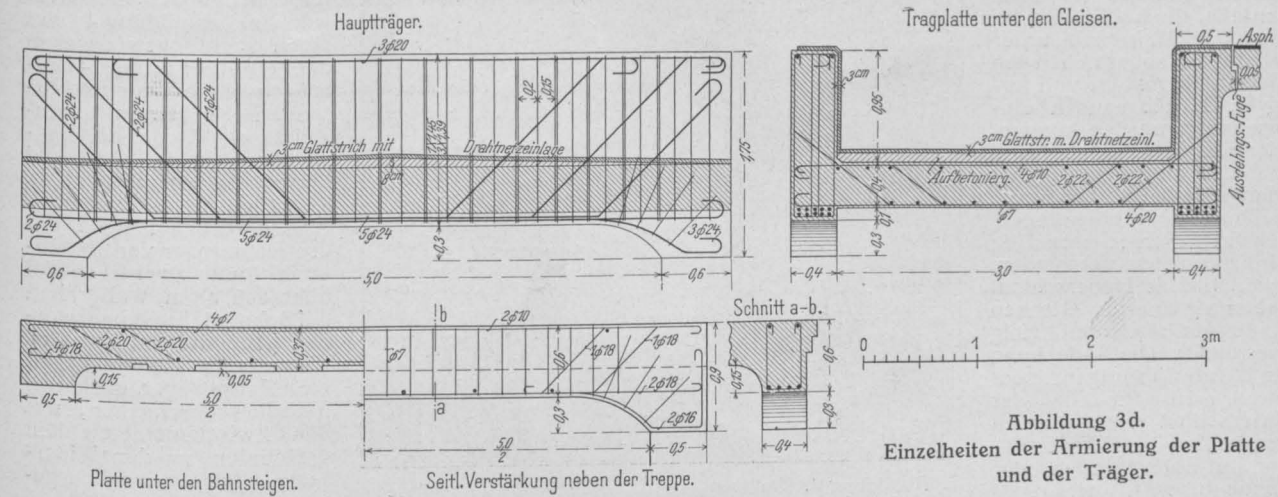
Abbildung
1 a-d.
Fußweg-Un-
terführung mit
Ueberdeckung
durch armier-
te Platten auf
Bahnhof
Herrenberg
(Strecke
Tübingen—
Herrenberg).

bietet keine Schwierigkeit, man ist daher in der Linienführung und Kreuzung der Verkehrswege mindestens ebenso ungebunden wie beim Eisen. Gegenüber den reinen Eisenkonstruktionen oder den Tragwerken mit biegeunfesten, für sich allein tragfähigen Eisenträgern braucht man etwas mehr Konstruktionshöhe, hat aber besonders bei kleinen Spannweiten den Vorteil der Widerlager-Verspannung, was bei der Bemessung der Widerlager berücksichtigt werden darf. Bei Weiten bis 4 m ist die Platte, bei größeren Weiten bis 12 m die Rippenplatte wirtschaftlich. Größere Weiten werden gewöhnlich unter Anwendung von Zwischenstützen überbrückt.

Als einfachstes Beispiel einer Bahnbrücke kann die in Abbildung 1 dargestellte Fußwegunterführung von 2 m lichter Weite angesehen werden. Die Ausführung der Platte ist während des Betriebes derart erfolgt, daß die Gleise unterfangen und auf die Widerlager abgestützt werden; während und nach der Betonierung waren jeweils dreitägige Gleissperren angesetzt. Sehr zweckmäßig ist für solche Bauten die Verlegung fabrikmäßig hergestellter, fertiger Platten, die zur Erzielung gemeinsamer statischer Wirkung mit Nuten oder schwabenschwanzförmigen Verbindungen versehen werden.

90

Unterführung eines Fußweges, für Zugänge zu den Bahnsteigen und den Gepäcktunnel gewählt worden (Abb. 2). Die Ausführung ist hierbei in drei Bauabschnitten erfolgt, für die je drei Monate zur Verfügung standen. Die Betriebsüberleitung auf einen fertigen Bauteil ist nach einer durchschnittlichen Abbindefrist von sechs Wochen erfolgt.



Abbildungen 3a — d. Bahnsteig - Unterführung auf Bahnhof Gmünd. Konstruktion mit versenkter Fahrbahn bei beschränkter Konstruktionshöhe.

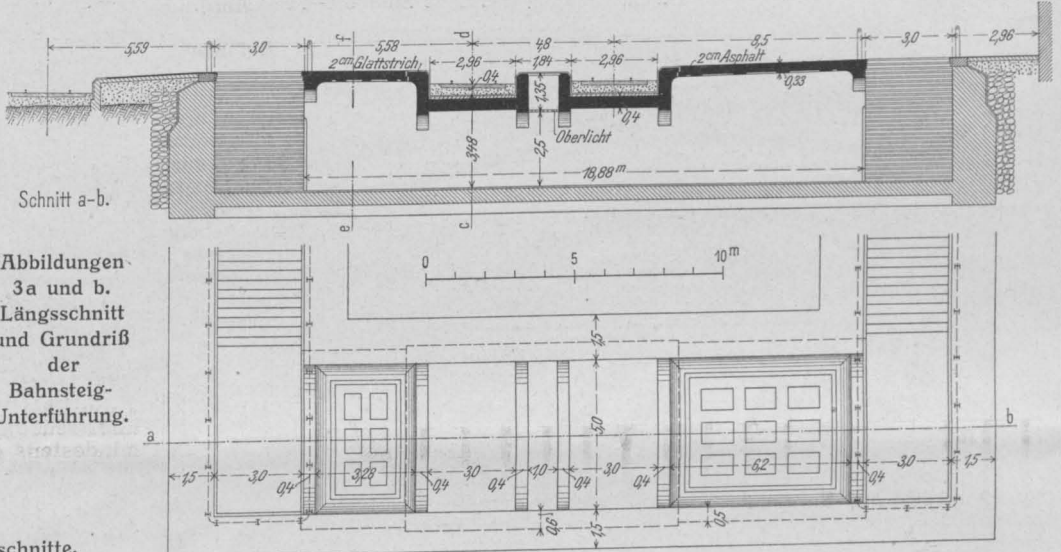


Abbildung 3c. Querschnitte.

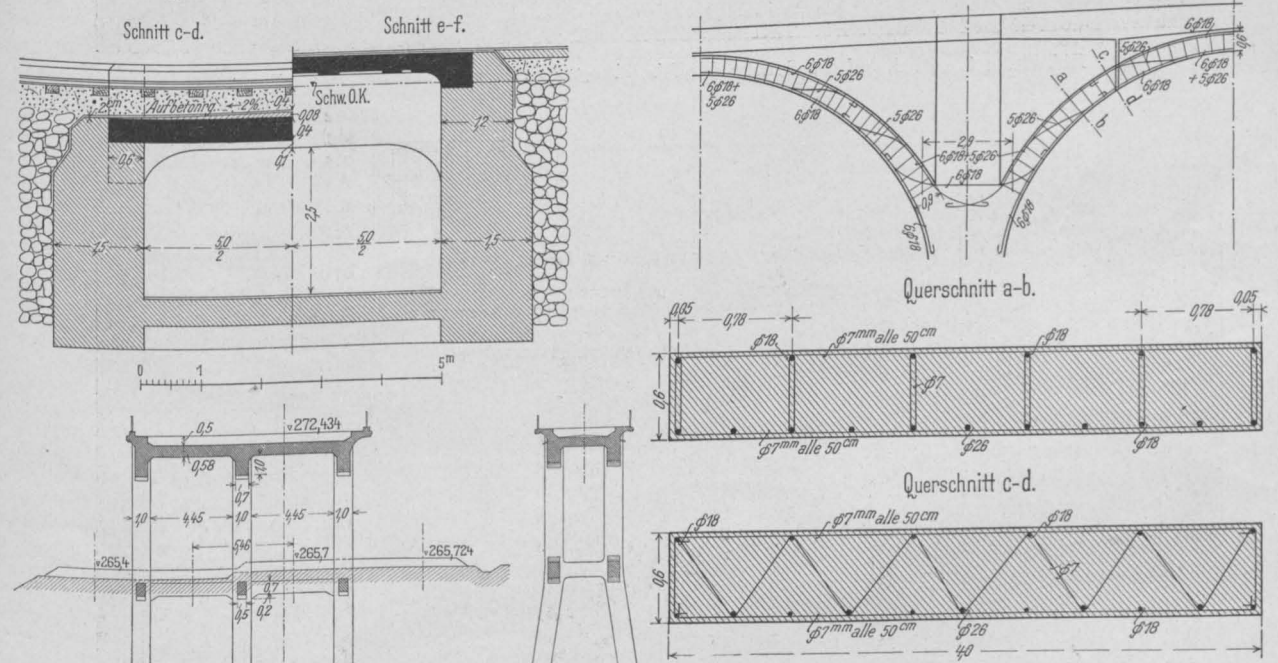


Abbildung 9. Einzelheiten der Gewölbe-Armierung der Brücke in Abbildung 8, S. 93.

Abbildungen 10a und b. Bockartige Stützenkonstruktion bei Hochbrücken. (Schnitte einer schiefen Gleisüberschneidung.)

Bei der Probelastung haben die von der Firma Ways & Freytag ausgeführten Rippenplatten keine meßbaren Durchbiegungen gezeigt. Wo man gezwungen ist, an Konstruktionshöhe zu sparen, empfiehlt sich die Anwendung der in Abbildung 3 dargestellten Kon-

struktion mit versenkter Fahrbahn. Aus konstruktiven Gründen ist es notwendig, den Trog von der Platte für die Bahnsteige zu trennen. Man erreicht dadurch getrennte Bauteile, die bei Gleisänderungen leicht gerückt, unter Umständen sogar neben den Gleisen hergestellt und fertig in Betriebspausen eingeschoben werden können. Diese Konstruktionen sind sehr steif und zeigen im Betrieb auch bei Stößen kaum meßbare Durchbiegungen. Besondere Sorgfalt ist auf die Abdichtung zu verwenden. Zum Schutz der Isolierschicht haben wir einen 3 cm starken Monierglattstrich mit Erfolg verwendet. Die Abdeckung einer Unterführung in Eisenbeton wird sehr billig, der Unterschied gegenüber einer reinen Eisenkonstruktion mit Buckelplatten oder Tonnenblechen beträgt 20 wehrter Konsolen an Baulänge und damit an Baukosten erheblich sparen. Auch im Interesse der Bahnunterhaltung ist die Kürzung des tunnelartigen Schlauches erwünscht. Abbildung 4 zeigt einen Richtungswechsel in der Fernlinie Stuttgart-Feuerbach ohne Dammschüttung. Bei größeren Spannweiten wirkt das Eigengewicht ungünstig. Man wird dort, wenn irgend möglich, Zwischenstützen anwenden. Eine derartige Brücke mit drei Oeffnungen von 6 m lichter Weite für zwei Gleise ist über den alten Wallgraben auf Bahnhof Ulm gebaut worden (Abbildungen 5 und 6). Unter jeder Schiene liegen zwei Hauptträger, die kontinuierlich durchgehen, mit den Zwischenstützen fest verbunden, an den Widerlager-Enden beweglich gelagert sind.

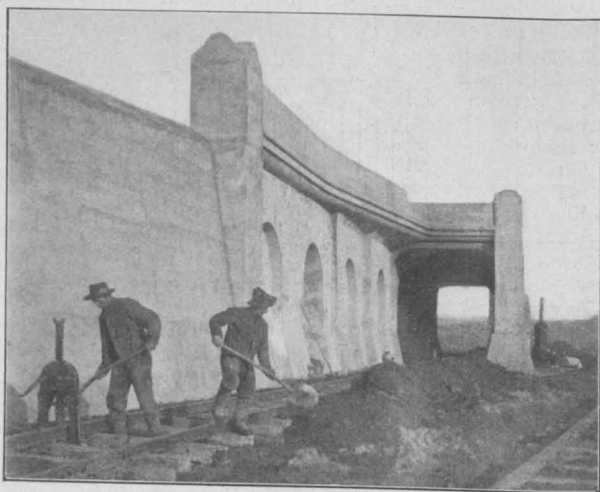


Abbildung 4. Spitzwinklige Gleisüberschneidung ohne Dammschüttung (Fernlinie Stuttgart-Feuerbach).



Abbildung 6. Blick auf die Brücke der Abbildung 5, S. 89, während der Herstellung.

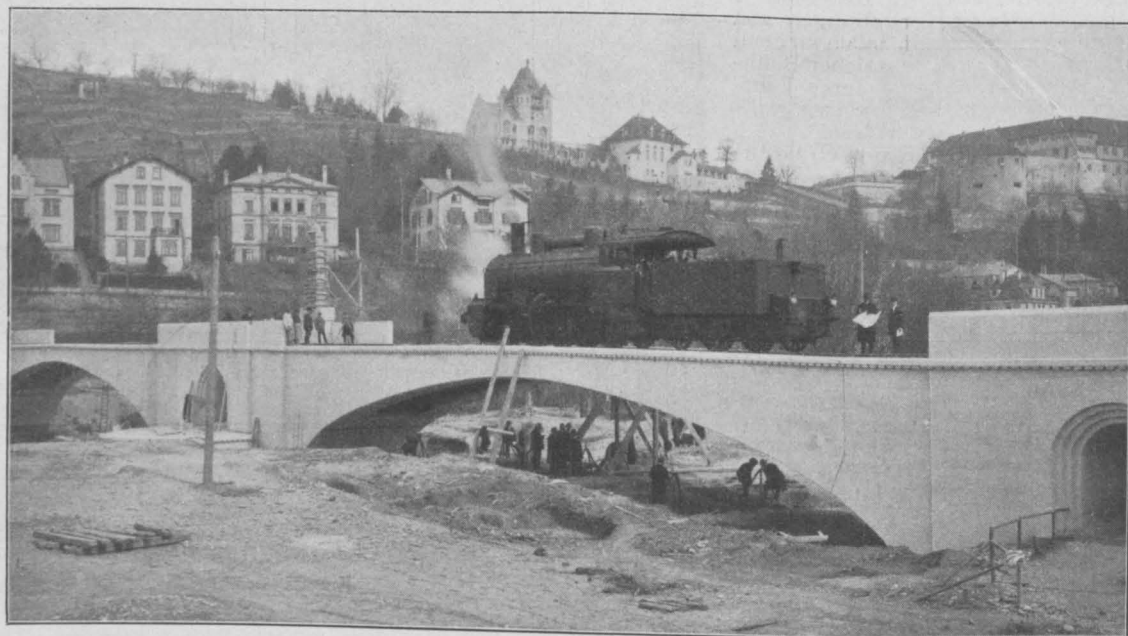


Abbildung 7. Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Tübingen. Bogenrippen mit eingehängter Fahrbahn.

bis 30 % zugunsten der Eisenbeton-Konstruktion. Bei Gleisüberschneidungen (Richtungswechsel) kann man bei spitzem Kreuzungswinkel durch Anwendung be-

Der großen Zahl von Bahnbrücken mit kleiner Spannweite stehen nur wenige Bauausführungen in Eisenbeton mit großer Spannweite gegenüber. Es handelt sich dabei

ausschließlich um gewölbte Brücken, wobei aber eine große Zahl von Konstruktionsmöglichkeiten (Tonnengewölbe, Rippenbogen mit gestützter oder aufgehängter Fahrbahn) möglich ist. Für flaches Pfeilverhältnis sind Dreigelenkbogen angezeigt, bei hohem Pfeil und für schiefe Bauten können eingespannte Gewölbe mit Vorteil Verwendung finden. Als Beispiel einer Bahnbrücke mit aufgelösten Bogenrippen und eingehängter Fahrbahn kann die Neckarbrücke bei Tübingen dienen, die in der Zeitschrift „Beton und Eisen“ 1911, Heft 1 und 2, veröffentlicht ist (Abbildung 7). Talbrücken in Eisenbeton sind verhältnismäßig selten. Doch kann auch bei Ausführungen in Stampfbeton zur Sicherung der eingespannten Gewölbe gegen Zugrisse, zur Herstellung weit ausladender Konsolen und zu den Aufbauten über den Widerlagern und Gewölben der Eisenbeton mit Vorteil Verwendung finden. Bei den Talbrücken der Nebenbahn Schorndorf—Welzheim („Beton und Eisen“ 1911, Heft 4 und 5) sind so die 15 m weiten Gewölbe mit Eiseneinlagen ausgeführt und bewehrte Konsolen zur Ersparung an Gewölbe- und Pfeilerbreite angewendet worden (Abbildungen 8 und 9).

Neue und eigenartige Ausführungsmöglichkeiten von Bahnbrücken in Eisenbeton bietet die Anwendung der Rahmenkonstruktionen. Besonders bei Hochbrücken sind die (bockartig angeordneten) Eisenbetonsäulen zweckmäßig. Man hat hierbei freie Durchsicht unter der Brücke, was bei Gleisüberschneidungen sowohl in Bezug auf Betriebssicherheit als auch auf die Bahnunterhaltung Vorteile bietet (Abbildung 10). Solche Bauwerke verlangen eine peinliche Berechnung und sorgfältige Ausführung. Auf die Temperatureinflüsse und Schwinderscheinungen ist bei der Berechnung sowohl als auch bei der konstruktiven Durchbildung Rücksicht zu nehmen.

Bei den Wegbrücken über die Bahn ist zu den schon genannten Vorzügen zu erwähnen die Unempfindlichkeit der Eisenbetonkonstruktion gegen Rauchangriff, die um so mehr geschätzt wird, je schwieriger die Frage der Sicherung der Eisenkonstruktionen gegen die schädlichen Angriffe der Rauchgase sich gestaltet hat. Seit Jahren werden auf diesem Gebiet Versuche mit rauchschützenden Anstrichen, mit Rauchschutztafeln aus gewöhnlichem, verzinktem, emailliertem Eisenblech, ja schließlich mit Rabitztafeln angestellt, ohne daß bis heute eine billige und brauchbare Konstruktion gefunden worden ist. Die Frage ist aber für die Eisenbahn-Verwaltungen von außerordentlicher Wichtigkeit. Haben wir doch Straßenbrücken über verkehrsreichen Bahnhöfen und steigenden Gleisen, deren Fahrbahnkonstruktion nach 10—15 Jahren vollständig zerstört worden ist.

Bei Straßenbrücken empfiehlt sich die Anwendung der Eisenbetonplatte bis 5 m Weite; mittels Rippenplatte können Oeffnungen bis 25 m überbrückt werden. Ein Normalbauwerk für eine Wegüberführung über eine zweigleisige Hauptbahn ist in Abbildung 11 vor der Hinterfüllung dargestellt. Für Weiten über 16 bis 20 m (auf Bahnhöfen und viergleisigen Strecken) wird man mit Zwischenstützen aus Mauerwerk, Stampfbeton oder Eisenbeton billiger bauen (Abbildung 12). Wenn man von den Nachteilen, die jede Stütze zwischen Betriebsgleisen durch die Einengung der Bewegungsfreiheit mit sich bringt, absieht, so ist im allgemeinen den Eisenbetonsäulen der Vorzug zu geben, weil sie wenig Raum beanspruchen und eine freie Durchsicht gestatten. Wird die Fahrbahn als durchgehendes Tragwerk ausgebildet und mit den bewehrten Stützen rahmenartig verbunden, so erhält man steife Konstruktionen, leichte Stützen und kleine Fundamente, was für Arbeiten zwischen und neben Betriebsgleisen ein nicht zu unterschätzender Vorteil

ist. Die häufigste Anwendung solcher Bauwerke bietet sich bei Wegüberführungen über Bahneinschnitte, wo sich die Aufteilung in drei Oeffnungen als gegeben erweist (Ab-



Abbildung 12. Straßen-Überführung über viergleisige Strecke.



Abbildung 13. Wegüberführung über Bahneinschnitt.

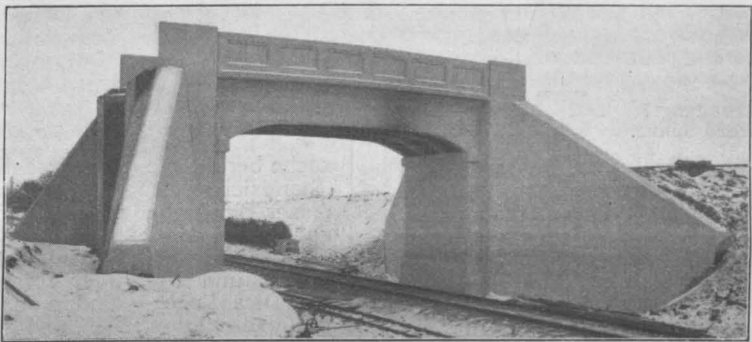


Abbildung 11. Normalbauwerk für eine Wegüberführung über zweigleisige Bahn.

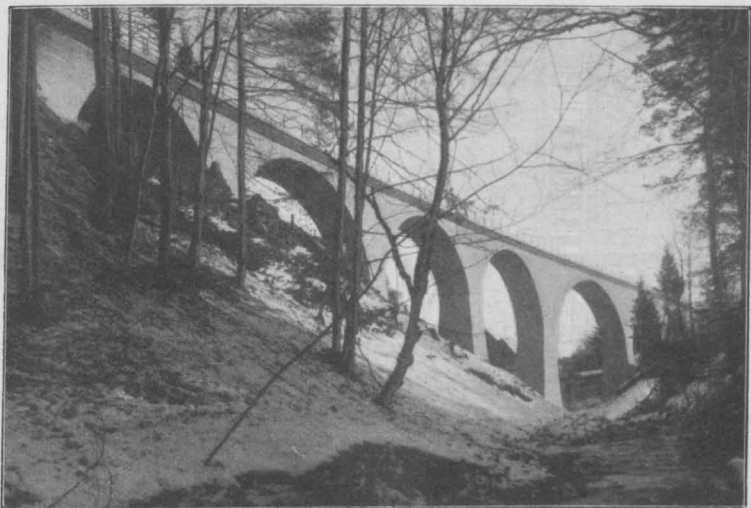


Abbildung 8. Talbrücke der Nebenbahn Schorndorf—Welzheim.

bildung 13). Aber auch bei Ueberführungen mit hohen Rampen, wo die Bahn in Geländehöhe verläuft, ist die Rahmenkonstruktion angezeigt, wenn damit an den teuren Widerlager- und Flügelmauern gespart werden kann. —

(Fortsetzung folgt.)

Durchbrochene Bauformen für Seebauwerke. Von Dipl.-Ing. Carl Wesemann.

Viele Seebauwerke, welche teils absichtlich, teils unabsichtlich dem Wellenschlag ausgesetzt sind, leiden an dem grundsätzlichen Nachteile, daß sie

zu starre, geschlossene und senkrechte Flächen dem Seegang entgegensetzen. Auf jedes der drei vorstehenden Eigenschaftswörter: starr, geschlossen und

senkrecht ist je ein besonderer Nachdruck zu legen. Starr ist im Sinne der Mechanik im Gegensatz zu elastisch-federnd gemeint (elastischer Puffer). Die Wirkung dieser Bauwerke ist bei genügender Höhe z. T. eine ziemlich vollkommene. Die Wellen werden fast mit einem Schlage völlig gebrochen. Aber auf wessen Kosten geschieht das? Man muß dabei Folgendes bedenken:

Alle derartigen Bauwerke, welche der wagerechten Schleuderkraft der Wellen ausgesetzt sind, mit Ausnahme vielleicht der Uferschutzmauern, welche sich in Richtung des Wellenstoßes seitlich gegen den Fuß eines Dünenwalles oder Steilufers stützen, setzen sich lose auf den Boden auf oder binden nur unvollkommen in den Untergrund ein, bzw. werden durch Pfähle und sonstige Hilfsmittel mittelbar mit demselben verankert. In der Haupt-

lig zur Achse des Bauwerkes einfällt, oder letzteres im Gefälle liegt, wie bei den Strandbuhnen, welche fast ständig von Längsprielen begleitet werden. Man kann beinahe sagen, daß der Bestand eines Seebauwerkes in erster Linie mit davon abhängt, ob es gelingt, den Fuß dauernd zu sichern. Diese Fußsicherung bildet den Gegenstand ständiger Sorge. Jedenfalls sind die Neubaukosten einer dauerhaften Anlage sowie die Unterhaltungskosten dafür recht erhebliche.

Nun bedarf es durchaus nicht immer dieser geschlossenen Flächen, die zum Teil eine Funktion der Bauweisen sind. Es würde in vielen Fällen schon genügen, den Seegang nur zu dämpfen, anstatt ihn mit einem Schlage völlig zu brechen. Man müßte mehr Wert auf durchbrochene Bauformen legen. Welche bisherigen Bauwei-

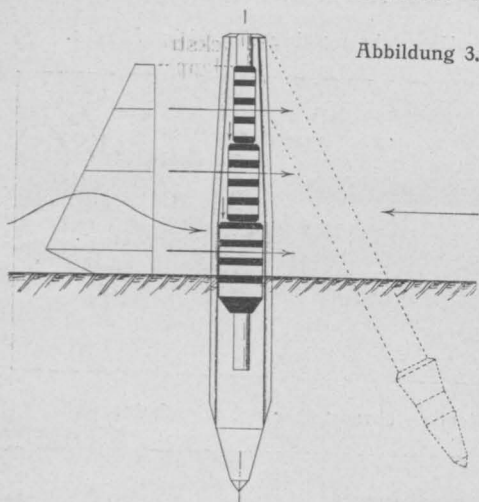


Abbildung 3.

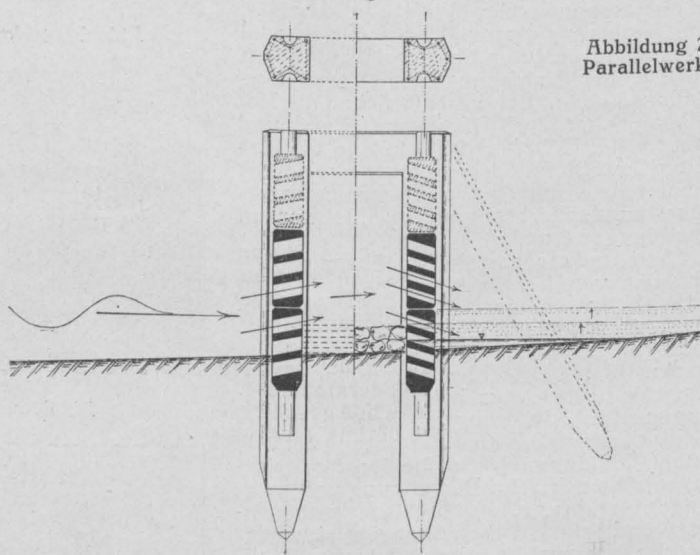
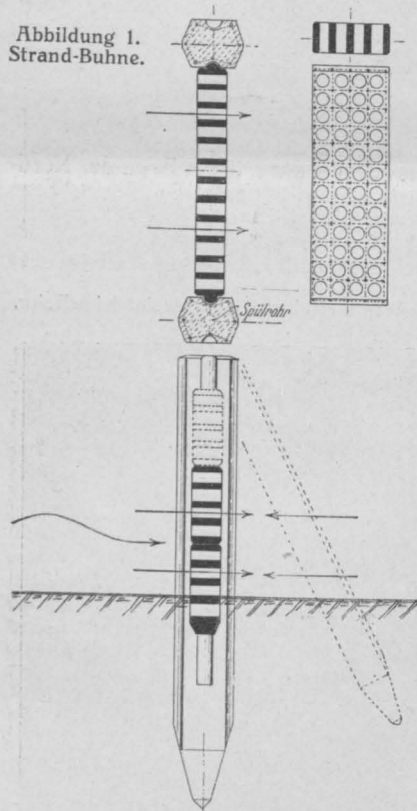


Abbildung 2.
Parallelwerk.

Abbildung 1.
Strand-Bühne.



sache beruht die Standsicherheit dieser Bauwerke auf ihrer Lagerhaftigkeit auf dem Grund und Boden. Diese Lagerhaftigkeit kann, wie gesagt, mittelbar durch Pfähle usw. verstärkt werden; in erster Linie jedoch wird dieselbe erzielt durch große Gewichte auf meist breiter Basis, also durch große Massen. Die Bauwerke müssen z. T. eine angemessene Höhe haben, schon um die nötige Auflast zu erhalten. Man kann z. B. schwere Seebuhnen nicht aus Platten, selbst zwischen Pfahlreihen gelagert, herstellen, sondern nur aus Platten mit großer

Höhe, also aus Blöcken, die im Seegang lagerhafter sind. Mit der Höhe wächst natürlich wiederum der Wellenangriff (Kippmoment). Man erkennt also die Tendenz, die Massen zu steigern (Wellenbrecher). Mit den Massen wachsen die Kosten der Seebauwerke. Man bedenke, was schwere und seefeste Natursteine wie Granit, Basalt und Kohlsandstein an Seeküsten mit steinarmem Hinterlande kosten.

Ein zweiter großer Nachteil besteht darin, daß infolge der geschlossenen, senkrechten Flächen bei mehr oder weniger feinsandigem Untergrunde der hydraulische Stoß der Welle zu sehr nach unten in die Tiefe dringt, somit aufwirbelnd und kolkend auf den Untergrund einwirkt. Der rückflutende Strom nimmt gegebenenfalls Sandmassen mit fort, besonders wenn der Seegang spitzwink-

sen ermöglichen nun die Anwendung dieses Grundsatzes?

Zunächst der Steinbau, z. B. nach folgenden Bauweisen an der Ostsee: Man baut parallel zur Strandlinie Steindämme aus lose geschichteten Steinen (Granitfindlingen), welche einigermassen im Verbinde und gegenseitiger Verspannung aufgesetzt werden. Diese Steinwälle sind in angemessenem Abstand dem Steilufer vorgeschoben und sollen von letzterem den schwereren Wellenschlag abhalten, bzw. den Strand in seiner Höhenlage festhalten, also vor Abwanderung von Sandmassen schützen. Gegen Einsanden der Grundsteine erhalten die Steinwälle eine querverlegte Faschinen-Unterlage (Fußmatte). Landseitig, vielleicht in besonderer Vorlage, packt man zweckmäßig kleinere Steine, um nach der Wirkungsweise des umgekehrten Filters das Durchspülen von Sand durch den saugenden Rückstrom zu mildern. In Verbindung mit einfachen oder doppelten Pfahlreihen können diese Steinwälle noch standsicherer hergestellt werden.

Einen hervorragenden Baustoff für die durchbrochene und elastisch-federnde Bauweise bildet der Busch, der gegen Auftrieb in geeigneter Weise mittelbar verankert wird. Der elastisch-federnde Busch bewirkt durch eigene Formänderungsarbeit einen großen Kraftverlust des Wellenstoßes nach Art eines Puffers. Außerdem besteht die günstige Wirkungsweise des Busches in Umständen, welche bei der folgenden Bauweise noch deutlicher zutage treten.

An der Ostsee besteht eine mehr für untergeordnete Zwecke angewendete, aber sehr lehrreiche Bauweise, die sogen. Stackwerke: Man setzt Stackpfähle (Buhnenpfähle) mit seeseitiger Lage der Pfahlspitzen in Stapeln auf, schließt diese Stapel in Rahmwerke aus Streckbalken und Rammpfählen ein und verankert sie so gegen Auftrieb. Die wagerechte Schleuderkraft der Wellen trifft hier keine geschlossene Wand. Die wasserseitige Fläche des Bauwerkes ist fast auf Null eingeschränkt (Pfahlspitzen seeseitig). Die Stoßkraft der Welle wird wagrecht aufgefangen, wagrecht geführt und in den Querschnittsverengungen der röhrenartigen Hohlräume mehr nacheinander gedämpft, wobei der Reibungsverlust an dem großen Wandumfang der Hohlraum-Querschnitte eine große Rolle spielt. Die sonst stoßartige Einwirkung der Wellen auf die Seebauwerke wird hier durch eine mehr federnde Beanspruchung abgelöst. Schub- und Kippmoment werden kleiner. Demgemäß gestalten sich auch die Abmessungen, die teilweise Grundlagen der Standsicherheit, wirtschaftlicher. Wir haben also, wie gesagt, bei diesen Stackwerken und dem Buschbau die Wirkungs-

weise eines Reduzier-Ventiles oder einer Gruppe hintereinander geschalteter Düsen, den Grundgedanken des knallschwachen Gewehres.

Der Busch mit seeseitiger Lage der Stammenden bildet deshalb einen hervorragenden Baustoff im Seebau. Busch und die Hilfsmittel im Buschbau wie Holzpfähle verrotten jedoch über Wasser schnell. Man richtet deshalb sein Augenmerk naturgemäß auf Ersatzbaustoffe für Wasser- und Seebauten. Man erhofft viel von der Beton- und Eisenbetonbauweise. Es liegt die Möglichkeit vor, die schweren und teuren Natursteine durch Betonblöcke zu ersetzen, die Holzpfähle durch solche aus Eisenbeton (gegen Auftrieb Zugpfähle mit Widerhaken), Natursteinpflaster endlich durch Abdeckplatten aus Beton. Die Frage, ob Beton und Eisenbeton der mechanischen (dynamischen) und chemischen Einwirkung von Seewasser auf die Dauer widerstehen, ist noch nicht endgültig abgeschlossen. Tatsache ist jedenfalls, daß Beton und Eisenbeton im Seebau bereits eingeführt sind. Vielleicht gestattet diese Bauweise bei der Möglichkeit beliebiger Formgebung, die Seebauwerke mehr nach dem Grundsatz der durchbrochenen Flächen auszubilden.

So kann man beispielsweise die leichteren Strandbuhnen in Form von einfachen oder mehrfachen Holzpfehlreihen ersetzen durch Eisenbetonwände, bestehend aus Bundpfählen und eingeschobenen Fülltafeln nach Abbildung 1. Die Pfähle, welche gegen Herausschlagen als Zugpfähle mit Widerhaken standsicherer ausgebildet werden können, lassen sich in meist sandigem Untergrund leicht einspülen (Spülrohr einbetonieren) bzw. werden sie gerammt. Die Pfähle werden beiderseitig etwas zugespitzt, um die stumpfe Angriffsfläche zu verringern, auch zum Vorteil eines größeren Widerstandsmomentes in Richtung des Wellenstoßes. Derartige geschlossene Wände in Eisenbeton sind im Seebau bereits vereinzelt eingeführt. (Vergl. Handbuch für Eisenbeton, Teil Wasserbau.) Die Fülltafeln sind hier jedoch mit Aussparungen durchbrochen, z. B. durch klinkerharte und seefeste Drainröhren, welche in seefester Betonmischung eingebaut werden. Die Betonplatten werden mit einer doppelten, gitterförmigen Eiseneinlage bewehrt. Die Grundtafeln erhalten eine halbstumpfe Bodenschneide zur Begünstigung eines etwaigen Nachsackens. Die Wand bildet von Anfang an kein fertiges Bauwerk, sondern wird in Anpassung an die jeweiligen Höhenverhältnisse des Strandes fortschreitend ergänzt. Ist die Wand einem Wellenangriff aus einer Richtung ausgesetzt, so lassen sich die Durchbrechungen steigend anordnen. Man erzielt so durch Abknicken der Stromfäden einen weiteren Kraftverlust der Wellen. Außerdem wirkt der Wellenstoß im Sinne einer Auflast günstig auf die Fülltafeln. Eine Welle, welche spitzwinklig einfällt, läuft sich an der durchbrochenen Wand schnell tot. Man bedenke die große Reibung. Die Rohrmündungen wirken wasserschöpfend und abknickend auf die längslaufende Welle ein. Die Wurfweite derselben, der Bremsweg, ist ein kürzerer, als bei geschlossenen, glatten Wänden.

Für schwerere Angriffe kann der Einzelpfahl der Wand mit einem Schrägpfahl zu einem Bock aus Druck-

und Zugpfahl (Widerhaken) vereinigt werden. Es lassen sich auch zwei Wände hintereinander schalten. Die Pfähle der Doppelwand werden am Kopf zu einem Joch (Steifrahmen) verholmt und dadurch in ihrer Standsicherheit gekuppelt. Das Joch läßt sich noch durch einen Schrägpfahl verstreben. Man kann schließlich beide Wände gegeneinander geneigt bauen. Die Fülltafeln bekommen dann im Seegang eine günstige Wasserauflast. Die durchbrochene Wand kann auch Parallelwerke ersetzen.

Abbildung 2 stellt einen Vorschlag auf Ersatz der Steinwälle schwereren Profilen an der Ostsee dar: Seeseitig sind die Durchbrechungen weiter und steigend angeordnet, landseitig enger und fallend. Die Stromfäden werden also unter entsprechendem Kraftverlust zweimal abgeknickt. Die im Sinne des rückflutenden Stromes steigende Anordnung der Durchbrechungen ermöglicht die Bildung eines rückseitigen Wasserpollsters. Der im Wasserpollster bereits beruhigte Rückstrom vermag den Sand nicht über die Steigung zu schleppen. Der Sand im Gefolge der auflaufenden Welle dringt wohl durch das Bauwerk hindurch, kann aber nicht in gleichem Maße zurück. Der Zwischenraum beider Wände kann in geeigneter Weise mit einem Füllstoff wie Busch, Steine, querverlegte Drainröhren (Ausschüßware) ausgepackt werden. Eine Steinpackung aus leichteren Steinen wird durch eine Buschlage abgedeckt, letztere durch Querspreizen verankert. Der Busch bildet hier keinen eigentlichen Baustoff, sondern einen Füllstoff von entsprechend längerer Lebensdauer.

Man kann die Füllung vom Grund auf schichtweise aufhühen und so die Anhegerung von Sand regeln, den Strand also planmäßig auflanden. Ueberhaupt dürfte ganz allgemein die durchbrochene Wand ein geeignetes Hilfsmittel zum Festlegen wasserbewegten Sandes sein.

Einer Fußsicherung bedarf es bei dieser Bauweise kaum. Infolge der wagerechten Führung des Wellenstoßes ist die Tiefenwirkung desselben auf ein Mindestmaß beschränkt. Die wasserseitigen Fülltafeln werden bei steigender Anordnung der Durchbrechungen durch den Seegang im Sinne einer Auflast beschwert, werden gegebenenfalls nachsacken und etwaige Kolkbildungen durchdämmen.

Abmessungen und Einzelheiten des Entwurfes richten sich von Fall zu Fall nach den örtlichen Verhältnissen des Strandes. Das Material der Drainröhren ist hartgebrannte und seefeste Klinkerware, die z. B. an der Nordsee (Ostfriesland) vorteilhaft zu haben ist. Die Drainröhren sind in verschiedenen Längen und Weiten, auch schräg abgeschnitten, lieferbar. Mit verschiedenen Längen der Drainröhren ist entsprechend der Kurve des Wellenstoßes eine Formgebung nach Abbildung 3 möglich.

Bei all zu engen Rohrweiten ist in unserem Klima eine gewisse Frostgefahr allerdings nicht ganz ausgeschlossen. Die Unterhaltungskosten der Eisenbetonwände selbst dürften aber sehr geringe sein.

Vielleicht ließe sich als Ersatz für die Strandbuhnen aus Holzpfehlern bzw. Parallelwerke aus Steinwällen eine Versuchsstrecke nach den vorstehend gemachten Vorschlägen in Eisenbeton bauen. —

Literatur.

Deutscher Ausschuß für Eisenbeton. Heft 6. Versuche über den elektrischen Widerstand von unbewehrtem Beton. Ausgeführt in der Großherz. Materialprüfungsanstalt der Techn. Hochschule zu Darmstadt i. J. 1908 und 1909. Bericht erstattet von Prof. O. Berndt, Geh. Brt., und Prof. Dr. Wirtz, Geh. Hofrat, unter Mitwirkung von Dr.-Ing. W. Müller. Berlin 1911. Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis 3,60 M. —

Seit Prof. Dr. Lindeck i. J. 1896 seine Versuche über das Leitungsvermögen von Beton und Zement gegenüber dem elektrischen Strom in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ veröffentlicht hat, sind systematische Versuche nach dieser Richtung in Deutschland nicht mehr durchgeführt worden. Die Lindeck'schen Versuche, die schon darüber Aufschluß brachten, daß der Leitungswiderstand lufttrockenen, erhärteten Zementmörtels verhältnismäßig gering ist, mit der stärkeren Magerung des Mörtels aber wächst, daß Feuchtigkeitsaufnahme den Widerstand verringert, daß dagegen durch Austreiben der Feuchtigkeit der Widerstand erheblich gesteigert wird, waren aber insofern nicht ausreichend und in ihren Zahlenwerten zuverlässig, als die Herstellung der Probekörper, ihre Lagerung und Aufbewahrung usw. nicht nach bestimmten Gesichtspunkten und mit der wünschenswerten Zuverlässigkeit erfolgte, während diese Umstände in der Frage von besonderer Wichtigkeit sind. Deshalb sind vom „Deutschen Ausschuß für Eisenbeton“ umfangreiche Versuche veranlaßt worden, deren Ergeb-

nis die vorliegende Schrift zusammenfaßt. Die sorgfältig durchgeführten Versuche erstrecken sich auf 78 Versuchskörper aus Beton, Zementmörtel und reinem Zement. Außerdem sind auch die betreffenden Rohmaterialien (in feuchtem Zustande und unter einem gewissen Druck gehalten) für sich untersucht. Die Körper sind bei Lagerung an der Luft, in feuchtem Sand, im Süßwasser und im Salzwasser, sowie nach Erhitzung bis 100° C. (also nach Austreibung des Wassers) in Bezug auf ihren Widerstand gemessen. (Alle Angaben sind dabei auf den Ein-

heitswert von $\frac{1 \text{ dm}}{\text{dm}^2}$ bezogen, d. h. auf 1 dm Länge bei 1 dm

Elektroden-Querschnitt.) Jede der 5 Gruppen war für die Mischungsverhältnisse 1:3 und 1:4 bei den Mörtelproben, und zwar für Basaltsand und Rheinsand, bzw. die Mischung 1:3:3 und 1:4:8 bei den Betonproben und zwar für Basaltschotter bzw. Rheinkies und ferner für erdfeuchte und weiche Mischung zu untersuchen. Die Betonkörper wurden größer gewählt als bei den Lindeck'schen Versuchen und zwar zu 90 cm Länge bei 20 cm Querschnitt. In sie wurden in Abstand von 50 cm (sodasich später aus dem Mittelstück zwei Betonwürfel von 20 cm Kantenlänge herauszuschneiden ließen) zwei Zwischen-Elektroden und in je 15 cm Abstand von ihnen nach den Enden zu die Hauptelektroden in den Beton eingestampft, die in beiden Fällen aus 1,5 mm starken Eisenblechen bestanden, die vielfach durchlocht waren, um eine möglichst innige Verbindung mit dem Beton zu erzielen, und deren

Walzhaut durch Abschleifen beseitigt war. (Die Zement-Mörtelkörper hatten nur $10 \cdot 10 \cdot 60$ cm Größe und waren im übrigen ähnlich ausgerüstet.) Der Block wurde mit den beiden Hauptelektroden, an denen der Strom aus- und eintrat, in einen Wechselstromkreis von 600 Volt Spannung eingeschaltet. In diesen Stromkreis war außerdem noch ein Normalwiderstand von $100-200000 \Omega$ (Ohm) eingeschaltet und neben diesen und zwischen die Zwi- schenelektroden je ein Elektrometer. Durch diese Anord- nung war es möglich, in zuverlässiger Weise den reinen Betonwiderstand zwischen den beiden Nebenelektroden und den Uebergangswiderstand des Stromes beim Eintritt in den Beton an den Hauptelektroden zu ermitteln. Die Stromstärke betrug i. allg. 0,1 Amp. (wie bei den bekann- ten, seinerzeit Aufsehen erregenden amerikanischen Ver- suchen von Knudson a. d. J. 1908, hält sich also auf einer Höhe, wie sie auch in praktischen Verhältnissen vorkommen dürfte.)

Die Versuche ergaben die schon aus den Lindeck- schen Versuchen bekannte Tatsache, daß die Widerstands- größen sowohl des reinen Zementes, wie des Mörtels und Betons an sich nur verhältnismäßig kleine Werte haben, die nur nach künstlicher Austrocknung eine, allerdings erhebliche Steigerung erfahren. Nur in diesem Zustande können die Stoffe daher als Isolatoren angesehen wer- den. Auch die Uebergangswiderstände beim Eintritt des Stromes in die Stoffe halten sich in niedrigen Grenzen (wenigstens für den Fall des Versuches, wo es sich um innig mit dem Beton usw. verbundenes Eisen handelt, also für den in der Praxis wichtigsten Fall.) Die Widerstände zeigten sich außerdem abhängig von der Stromstärke. Sie fallen ferner zunächst ab, bei der durch den Strom- durchgang erzeugten Erwärmung der Körper und, wie durch besondere Versuche festgestellt wurde, überhaupt bei höherer Temperatur.

Für die reinen Stoffe (Zement, Basalt- und Rhein- sand) ergab sich für den Zement der geringste, für Rhein- sand der höchste Widerstand. Die Widerstände nehmen mit zunehmendem Wassergehalt stark ab, ungefähr nach einer gleichseitigen Hyperbel bis zur völligen Wassersättig- ung. Für die Körper aus erhärtetem reinem Zement bzw. Mörtel zeigte sich, daß bei Luftlagerung der Widerstand um so größer ist, je magerer die Mischung ist. Im Anfangszustande zeigt der reine Zement allerdings etwa $200 \frac{\Omega}{dm^2}$ Widerstand auf $1 \frac{dm}{dm^2}$, der Mörtel nur etwa 100

Ohm (beides kleine Werte infolge der fast homogenen Masse der breig in die Form gefüllten Probekörper), mit zunehmendem Alter geben die Mörtelkörper aber das Wasser erheblich rascher ab und zeigen daher bedeutend höheren Widerstand. Nach 56 Tagen ergibt sich z. B.: für reinen Zement nur eine Widerstandssteigerung auf das 1,8fache, für Zementmörtel 1:3 das $5\frac{1}{2}$ fache (Basaltsand) bzw. 6,4 (Rheinsand)fache, bei Mischung 1:4 sogar das 9,3 (Basaltsand) bzw. 17 (Rheinsand)fache. Bei der letz- genannten Mischung ist also der Widerstand des Mörtels der 5fache desjenigen des Zementes im gleichen Alter. Die nachstehende Tabelle gibt die Endwerte:

Nach 56 Tagen Lagerung an der Luft:

Lide. Nr.	Mischung	Widerstand Ω für $1 \frac{dm}{dm^2}$	Vergleichs- zahl
1	Reiner Zement	366	1
2	1:3 (Basaltsand)	727,5	2
3	1:3 (Rheinsand)	920	2,4
4	1:4 (Basaltsand)	1060	3
5	1:4 (Rheinsand)	1858	5

Bei der Lagerung im Süßwasser zeigt sich trotz der fortschreitenden Wasseraufnahme infolge der Erhärtung noch eine geringe Zunahme des Widerstandes bei allen Mörtelsorten. Der Widerstand des reinen Zementes ist hier nach 55tägiger Lagerung am größten, der fetten Mischung größer als der mageren. Die Steigerung mit dem Fortschritt der Erhärtung ist aber sehr gering (bei Zement von 182 auf 290 Ohm). Im Salzwasser (3,6 % Salzgehalt wie Meerwasser) ist die Zunahme des Wider- standes mit dem Alter auch ganz gering. Der Wider- stand des reinen Zementes ist auch nach 61 Tagen Lage- rung noch bis fast um das Doppelte höher als bei dem Mörtel. Rheinsandmörtel ergab in beiden Fällen höhere Widerstände als Basaltsandmörtel. Nach Erwärmung auf $100^\circ C$. erreicht der reine Zement mit 2—3 Megohm für $1 \frac{dm}{dm^2}$ infolge des größeren Wasserverlustes auch den höchsten Widerstand.

Der Beton folgt ähnlichen Gesetzen. In allen Fällen ist der Widerstand am größten für die mageren Mischun- gen mit wenig Sandgehalt (infolge der größeren Porosität). Der Kiesbeton hat im allgemeinen größeren Widerstand als der Schotterbeton. Bei Luft- und Sandlagerung hatten die erdfeucht gestampften Proben größere Widerstände als die weich gestampften (NB. für denselben Zuschlag). Für die an der Luft gelagerten Proben wurde ermittelt, daß der Betonwiderstand etwa im umgekehrten Verhält- nis des Mischungsverhältnisses Zement (Sand + Zuschlag) steht. Es wurden sodann auch Dauerversuche angestellt, für welche allerdings nur ein schwacher Strom zur Ver- fügung stand. Die Durchschickung eines Stromes von 0,01 Ampère auf längere Zeitdauer (8 Wochen) hatte weder einen nachweisbaren Einfluß auf den Widerstand noch auf die Druckfestigkeit. Um letzteres festzustellen, waren von je- der Gruppe Probekörper stromlos geblieben. Sowohl aus diesen, wie aus den vom Strom durchflossenen Körpern wurden Würfel herausgesägt und nach 142 bzw. 210 Tagen geprüft. Es wurden keine Festigkeitsunterschiede gefun- den, die irgendwie auf einen zersetzenden Einfluß des elektrischen Stromes auf den Beton schließen ließen. Die Abweichungen in der Festigkeit der vom Strom durch- flossenen Körper gegenüber den stromlos gebliebenen lagen sowohl nach oben wie nach unten und waren nicht größer, als sie bei Betonproben überhaupt vorkommen. Bei sämtlichen Elektroden war außerdem das Eisen blank ge- blieben, es zeigte sich also an demselben keine Zersetzung.

Bei Lagerung im Süßwasser ergaben sich dieselben Gesetze für den Betonwiderstand wie bei Luft- und Sand- lagerung, bei Lagerung im Salzwasser von 3,6 % Salzge- halt zeigte sich dagegen keine Gesetzmäßigkeit. Nach Er- hitzung liegt der Betonwiderstand zwischen 1 und 5 Megohm für $1 \frac{dm}{dm^2}$. Auch hier findet eine Gesetzmäßig- keit nicht statt. Die nachstehende Tabelle gibt die Widerstände in Ohm für $1 \frac{dm}{dm^2}$ für Sand- bzw. Luftlage- rung nach 114 Tagen und die Vergleichswerte mit Beton 1:3:3 erdfeucht, Schotterzuschlag, dessen Widerstand gleich 1 gesetzt ist:

Art der Lagerung und Mischung	Luftlagerung				Lagerung auf feuchtem Sand			
	Schotter		Kies		Schotter		Kies	
1:3:3 erdfeucht	971	1	1589	1,64	516	0,53	866	0,9
1:3:3 weich ..	968	0,99	1452	1,5	355	0,36	732	0,75
1:4:8 erdfeucht	1890	1,95	3040	3,13	589	0,61	1026	1,05
1:4:8 weich ..	1769	1,82	2816	2,70	407	0,42	816	0,84

Was die Uebergangswiderstände anbetrifft, so gelten für diese im allgemeinen dieselben Gesetze wie für den reinen Betonwiderstand, d. h. sie sind größer für die mageren Mischungen mit geringem Sandgehalt, größer für erdfeuchte als weiche Mischung, größer für Kies- als für Schotterbeton. Bei der Sandlagerung ergab sich aller- dings keine klare Gesetzmäßigkeit.

Da die Wasseraufnahme bzw. -Abgabe auf den Wi- derstand von großem Einfluß ist, wurden auch einige Betonblöcke untersucht, die einen allseitigen Gou- dron-Anstrich erhalten hatten, also weder austrocknen noch Wasser aufnehmen konnten. Auch hier zeigte sich mit fortschreitendem Alter eine Widerstandserhöhung, die also lediglich auf die fortschreitende Erhärtung zurück- zuführen ist. Blöcke 1:3:3 in Schotter bzw. Kies weich hergestellt ergaben nach 42 Tagen aber nur eine Wider- standszunahme von 485 auf 595 bzw. 624 auf 866, zeigten also nur eine Zunahme um das 1,23 bzw. 1,69fache.

Die Versuche zeigen im allgemeinen auch Ueberein- stimmung mit den vom kgl. Kommissariat der elektrischen Bahnen in Dresden in Gemeinschaft mit Dyckerhoff & Widmann durchgeführten, Heft 11 und 12, Jahrg. 1910 in „Beton und Eisen“ veröffentlichten Versuchen, bei denen allerdings bei einem Dauerstrom von der hohen Stärke von 1 bzw. 3 Ampère, wie er unter praktischen Verhältnissen Betonkörper wohl nie durchfließen wird, ein Festigkeitsabfall bis 37 %, sowie ein starkes Anrosten der positiven Elektrode eintrat, die zur Sprengung der Körper führten. Eine Zersetzung des Betons, wie sie nach den Knudson'schen Versuchen vorhanden zu sein schien, wurde dagegen auch bei diesen sehr ungünstigen Ver- suchen nicht gefunden. —

Inhalt: Die Anwendung des Eisenbetons im Eisenbahnbau. (Forts.) — Durchbrochene Bauformen für Seebauwerke. — Literatur. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., in Berlin. Für die Redaktion verantwortlich: Fritz Eiselein in Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg. P. M. Weber in Berlin.